

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL**  
**CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

**GUSTAVO HENRIQUE TONETI DOS SANTOS**  
**MUZHAR OMARI OSMAN**

**AVALIAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DO CONCRETO**  
**AUTOADENSÁVEL NO BRASIL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CURITIBA**

**2021**

GUSTAVO HENRIQUE TONETI DOS SANTOS  
MUZHAR OMARI OSMAN

**AVALIAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DO CONCRETO  
AUTOADENSÁVEL NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Medeiros.

CURITIBA

2021

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### ***AVALIAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL NO BRASIL***

Por

**GUSTAVO H. TONETI DOS SANTOS**

**MUZHAR OMARI OSMAN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado no segundo semestre de 2020, pela seguinte banca de avaliação presente:

---

Orientador – Arthur Medeiros, Dr.  
UTFPR

---

Lidiane Fernanda Jochem, Dra.  
UTFPR

---

Cézar Augusto Casagrande Dr.  
UTFPR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

## RESUMO

TONETI, Gustavo Henrique dos Santos e OSMAN, Muzhar Omari. **Avaliação da frequência de aplicação do concreto autoadensável no Brasil**. 2021. 45p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

O concreto autoadensável é um produto desenvolvido pelos japoneses no ano de 1988 e tem como principal característica a fluidez, com isso a alta capacidade de preencher os espaços sem uso de vibrador. É uma tecnologia que apresenta inúmeras vantagens para a concretagem, sendo comprovadamente mais produtiva do que o concreto convencional em relação a trabalhabilidade, redução de mão de obra e velocidade de execução, por exemplo. Entretanto, não vem sendo utilizada pela maioria das construções verticais e indústrias de pré-fabricado. O presente estudo, busca entender o motivo dessa tecnologia fundamental não estar sendo utilizada por muitas construções no Brasil. Esta análise foi feita entrevistando engenheiros, arquitetos e gerentes de grandes construtoras e indústrias de pré-fabricados pelo país. Para isso, foi desenvolvido um questionário no qual 26 representantes de construtoras e 30 de indústrias de pré-fabricados aceitaram responder. Essas, representantes das regiões sul, sudeste, centro-oeste e nordeste do Brasil. O questionário buscava entender se as empresas utilizam o concreto autoadensável e porquê de optar ou não o por essa tecnologia. A partir disso, identificou-se um padrão: os que escolhem autoadensável fazem isso se preocupando com o custo, reduzindo mão de obra durante o processo da concretagem e, quem não opta pela tecnologia, também aponta o custo o principal fator. Comparou-se os resultados com um estudo de caso apresentado, onde em uma obra de Curitiba, foi realizada uma laje da estrutura com concreto autoadensável sem alterar formas, mão de obra e controle de qualidade, a fim de equalizar com os números das outras lajes desenvolvidas em concreto convencional. O resultado foi uma variação de custo de aproximadamente 7%, mesmas horas trabalhadas e redução de 14% do efetivo envolvido durante a concretagem.

**Palavras-chave:** Concreto autoadensável. Pré-fabricados. Custo. Tecnologia. Concretagem.

## ABSTRACT

TONETI, Gustavo Henrique dos Santos e OSMAN, Muzhar Omari. **Evaluation of application frequency of self-compacting concrete in Brazil.** 2021. 45p. Undergraduate thesis (Bachelor degree in Civil Engineer) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

The self-compacting concrete is a product developed by Japanese in 1988 and its principal characteristic is the fluidity, with high capacity to occupy the spaces without using vibrator. Is a technology that shows many advantages to the concreting, being verifiably more productive than conventional concrete regarding workability, hand-made reduction and velocity of execution, for example. Therefore, it has not been used by most vertical constructions and factories of precast concrete. The present dissertation intends to explain the reasons that fundamental technology has not being used by many constructions in Brazil. This essay was done by interviewing CEOs of big construction companies and precast concrete factories around the country. For this, was developed a questionnaire with 26 constructors' representants and 30 precast concrete factories accepted to answer it. Those, representants of south, southeast, midwest and north east of Brazil. The questionnaire looks to understand if the business uses the self-compacting concrete and the reason to choose or not this technology. In this regard, was collected results of a questionnaire and identify a pattern: the ones that choose self-compacting concrete made this concerning about the cost, reducing the hand made during the process of concreting and, who does not choose the technology, also points the cost as a principal factor. The results were compared with a case study presented, wherein a work in Curitiba, a slab of the structure with self-compacting concrete was made without changing shapes, manpower, and quality control, to equalize with the numbers of the other slabs developed in conventional concrete. The result was a cost variation of approximately 7%, same hours worked, and a 14% reduction in the staff involved during concreting.

**Keywords:** Self-compacting concrete. Precast concrete. Cost. Technology. Concreting.

## **LISTA DE SIGLAS**

CAA	Concreto autoadensável
CCV	Concreto convencional
MCMV	Minha Casa, Minha Vida

## **LISTA DE ACRÔNIMOS**

SIDUNSCON -PR Sindicato da Indústria da Construção Civil no Paraná

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1. OBJETIVOS .....	7
1.1.1 Objetivo Geral .....	7
1.1.2 Objetivos Específicos.....	7
1.2 JUSTIFICATIVA.....	8
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>10</b>
2.1 DEFINIÇÃO .....	10
2.2 HISTÓRICO DO CONCRETO AUTODENSÁVEL .....	12
2.3 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL.....	13
2.4 CONCRETO AUTOADENSÁVEL NA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS ....	14
2.5 GRANDES OBRAS PELO MUNDO.....	15
2.6 O AUTOADENSÁVEL NO BRASIL.....	18
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES COLETADAS .....</b>	<b>28</b>
4.2 FORMULÁRIO APLICADO ÀS CONSTRUTORAS .....	28
4.3 FORMULÁRIO APLICADO ÀS INDÚSTRIAS DE PRÉ-FABRICADOS.....	31
<b>5 ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>35</b>
5.1 CARACTERÍSTICAS DA OBRA .....	35
5.2 O ESTUDO DE CASO .....	35
5.3 CONSIDERAÇÕES.....	38
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O concreto autoadensável é uma tecnologia desenvolvida em 1988 por um grupo de pesquisadores japoneses, é um tipo de concreto que tem como sua principal característica a fluidez, esse tipo de mistura tem a capacidade de se “autoadensar”. Essa capacidade, facilita a concretagem, porque demanda menores esforços para que o concreto preencha os espaços vazios das formas e entre as armaduras (GOMES, 2009).

Acredita-se que, apesar do custo bruto do concreto autoadensável ser superior em relação ao concreto convencional, o CAA torna o custo final da obra menor, justificado pelas vantagens que o concreto autoadensável traz para a construção (COUTINHO, 2011).

Dentre as vantagens: redução do custo de aplicação por m<sup>3</sup> de concreto; melhor acabamento em relação ao concreto convencional; otimização de mão de obra; maior rapidez na concretagem; eliminação da necessidade de vibração do concreto; antecipação nas operações de cura do concreto, dentre outras (TUTIKIAN e DAL MOLIN, 2015).

Mesmo com as vantagens apresentadas, que garantem uma superioridade de acabamento, otimização de tempo e redução do efetivo de mão de obra, por que o concreto autoadensável ainda é pouco utilizado em construções verticais e em indústrias de pré-fabricados? Este presente estudo busca responder a esse questionamento.

### 1.1. OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo Geral

Verificar a frequência de utilização do concreto autoadensável nas construtoras e indústrias de pré-fabricado no Brasil.

#### 1.1.2 Objetivos Específicos

- A partir do questionário, inferir como agem as grandes construtoras e indústrias de pré-fabricado em relação ao tema.

- Verificar se a análise simples de custo por metro cúbico ainda é determinante para a escolha da tecnologia.
- Verificar se há a necessidade de grandes investimentos para a implementação da tecnologia.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A construção civil, especialmente no Brasil, tem dificuldades em aceitar novos métodos, materiais e tecnologia. O modelo de construção segue engessado e acomodado, enquanto países de primeiro mundo estão se aprimorando. O mesmo acontece com a etapa de concretagem, tanto em obras, quanto em indústrias de pré-fabricado, opta-se pelo concreto convencional, por fazer uma análise superficial do preço (R\$/m<sup>3</sup>) ou por falta de conhecimento de novas tecnologias, enquanto o concreto autoadensável poderia melhorar a qualidade do seu produto somando com os benefícios de relevância de saúde ocupacional (ausência de vibradores) aos colaboradores. Esses dois pilares (econômicos e saúde) devem ser levados em consideração.

No ponto de vista econômico, se for analisado o CAA isolado do restante do processo, tem-se um custo maior que o concreto convencional, isso se deve tanto pela quantidade de aditivos e escolha criteriosa dos agregados que se utiliza na fabricação (COSTA E CABRAL, 2019), quanto pela baixa demanda. Entretanto, ao se estudar o todo, chega-se a variáveis consideráveis de economia. Além disso, ganha-se em custos de mão de obra, pois serão menos trabalhadores demandados na concretagem e se evita retrabalho, já que a presença de nichos de concretagem é minimizada, por vezes inexistentes. Outro ponto que deve ser ponderado é a velocidade que se ganha no cronograma da obra, já que o tempo de concretagem reduz a metade.

No viés de saúde e segurança do trabalho, tem-se o impacto imediato da redução de ruído que a não necessidade de vibradores proporciona, aumentando a qualidade de vida dos trabalhadores e da comunidade que a obra estará inserida. Outro ganho significativo aos colaboradores é que, evitando o uso desses vibradores, doenças do trabalho como a Síndrome de Raynaud, popularmente conhecida com doença dos dedos brancos, são evitadas (BRAGA, 2007).

Por último, a não utilização dos vibradores faz com que haja economia de energia, e menor desperdício de materiais. O fato de não vibrar o concreto faz com que tenha um aumento significativo na vida útil das formas utilizadas (TUTIKIAN, 2016) esse é um importante fator a ser considerado tanto para a aplicação em obras, quanto para a indústria de pré-fabricado, visto que novos jogos de formas encarecem bastante o orçamento e aumenta o gasto de matéria-prima.

A partir dessas considerações, a pesquisa sobre o concreto autoadensável poderá trazer percepções se, no desenvolvimento de projetos, os três pilares debatidos estão alinhados. Cada vez mais está se levando em consideração que lados econômicos e eco sociais caminhem lado a lado, onde o CAA pode ser um grande aliado.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 DEFINIÇÃO

O concreto é definido como uma mistura utilizada na construção civil composta por cimento, agregados e água; podendo-se ainda adicionar aditivos nessa mistura (NEVILLE, 1997).

Por apresentar um baixo custo, alta disponibilidade de seus elementos constituintes e pela possibilidade de ser utilizado em variados tipos e portes de obra, o concreto é o material construtivo mais utilizado no mundo. São consumidas em torno de 11 bilhões de toneladas de concreto por ano, o que leva segundo a Federación Iberoamericana de Hormigón Premesclado (FIHP) ao consumo médio de aproximadamente 1,9 tonelada de concreto por habitante por ano, ficando atrás apenas do consumo de água (PEDROSO, 2009).

Segundo Mehta e Monteiro (2014), o concreto começou a ser utilizado pela humanidade por volta do século II AC, junto com o surgimento do primeiro aglomerante descoberto, era uma cinza vulcânica das proximidades do Vulcão Vesúvio (Nápoles, Itália) chamada 'pozolona'. Esse aglomerante pioneiro, quando misturado com cal hidratada, numa proporção de 25% a 45%, formava um tipo rudimentar de concreto, que mantinha pedras de diferentes tamanhos unidas. Acredita-se que o Pórtico Emília (Figura 1), construído por volta de 193 AC, foi a primeira construção em que foi utilizada deste aglomerante.

**Figura 1: Pórtico Emília**



**Fonte: Roma – la Repubblica<sup>1</sup>**

Estruturalmente falando, o correto adensamento do concreto é fundamental para que se obtenha a resistência à compressão esperada pelo projeto da estrutura. Entretanto, na prática o adensamento nem sempre é feito de forma correta. Dos motivos que causam o não adensamento correto do concreto, pode-se citar a existência de estruturas onde não é possível a vibração, como elementos com elevadas taxas de armadura e estacas e a utilização de mão de obra não qualificada para realização do adensamento (NUNES, 2001).

Chama-se de concreto autoadensável (CAA), o concreto que é capaz de preencher os espaços vazios no interior das formas de concreto e suas armaduras apenas com o seu peso próprio. Para que isso ocorra, utilizam-se de aditivos superplastificantes em sua composição e agregados com a granulometria mais fina. Tomando-se esses dois cuidados ao produzir o concreto, obtém-se uma pasta altamente fluida, uma moderada viscosidade e coesão entre as partículas do concreto fresco (LISBÔA, 2004).

---

<sup>1</sup> Disponível em: <https://roma.repubblica.it/>. Acesso em: 19/10/2020.

Quando um concreto é denominado autoadensável, determinadas características físicas são esperadas em seu estado fresco. São estas: apresentar grande capacidade de fluxo sem que ocorra a segregação pasta versus agregados; a capacidade de preenchimento dos espaços vazios sob ação apenas de seu peso próprio; a capacidade de transitar entre os obstáculos sem que ocorra algum tipo de bloqueio; e manter a estabilidade, sem que ocorra a segregação ou exsudação dos componentes (TUTIKIAN e DALMOLIN, 2008).

Para que o concreto autoadensável possa ser produzido, a utilização de aditivos na mistura é indispensável. Dentre os aditivos, são citados os minerais, como a sílica ativa, a cinza volante, a escória de alto-forno, as pozolanas, a cinza da casca-de-arroz, o resíduo de serragem de mármore e granito e outros; e também os aditivos químicos, como os superplastificantes e modificadores de viscosidade. Com o incremento desses aditivos na mistura, possibilita-se um concreto com elevada fluidez e estabilidade adequada à mistura, evitando assim a segregação ou exsudação da pasta (MEIRELES, 2009).

## 2.2 HISTÓRICO DO CONCRETO AUTODENSÁVEL

Há controvérsias sobre o surgimento do concreto autoadensável, Billberg (1999) cita como origem e desenvolvimento o Japão nos anos 80, quando o país enfrentava problemas recorrentes às estruturas de concreto armado em relação a sua durabilidade, visto que se utilizavam de altas taxas de armadura devido à frequentes abalos sísmicos (GRUNEWALD, 2004). Entretanto, Collepari (2003), professor da Faculdade de Engenharia Civil Leonardo Da Vinci, Milão, Itália, afirma que usou esse material ou algo muito parecido com o CAA já nos anos 70. Para Collepari, o CAA se refere à “mistura especial de concreto, caracterizada pela resistência à segregação, que pode ser adensado sem compactação ou vibração”, onde o princípio básico mais importante é a “inclusão de superplastificantes combinado com o uso relativamente alto de material em pó em relação à cimento Portland, adições minerais, fíler e areia fina”.

Goodier (2003) cita que o CAA teve seu desenvolvimento mais tecnológico a partir da introdução na Europa pela Suécia, nos anos 90, e que esse material comparado ao concreto convencional, pode trazer muitos prós econômicos, sociais e

ambientais. No Brasil, o concreto autoadensável chegou timidamente nos anos 2000, inicialmente para a indústria de pré-fabricado e na sequência atingiu o setor de obras (SABINO, 2011).

### 2.3 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL

O concreto autoadensável é uma das maiores revoluções ocorridas na tecnologia do concreto para a construção nas últimas décadas, entre os ganhos diretos e indiretos estão (TUTIKIAN e DALMOLIN, 2008):

- Otimização do cronograma da obra, visto que se tem maior produtividade e velocidade de lançamento em relação ao concreto convencional (CCV);
- Redução de mão de obra;
- Melhora do acabamento final da peça;
- Redução das falhas de concretagem;
- Maior liberdade de formas e dimensões, visto que o CAA preenche peças com grandes taxas de armaduras;
- Redução de ruídos;
- Aumento da segurança, visto que tem diminuição de pessoal;
- Redução de custos.

A grande resistência à segregação, em conjunto com a fluidez do CAA, reduz os defeitos vistos a olho nu que podem comprometer a resistência à compressão e durabilidade da estrutura. A utilização de resíduos da construção como finos a fim de dar a coesão ao CAA, pode reduzir custos, visto que o cimento, que é o material mais caro da mistura, somente terá como função dar resistência à compressão ao concreto (TUTIKIAN e DALMOLIN, 2008).

Em relação a melhoria da qualidade de vida dos operários e da vizinhança das obras que utilizam CAA, Bartos e Söderlind (2000), apresentam um estudo que o ruído captado por trabalhadores e entorno da construção de CAA, é de um décimo de decibéis em relação a quando é utilizado o concreto convencional. A não utilização de vibradores também é importante para a estrutura em si, visto que o equipamento exerce pressão nas fôrmas, que podem ceder caso estiverem mal travadas.

No concreto convencional, dependendo da forma que é realizado o adensamento, há variações de aspecto final da peça, já no CAA não ocorre.

Entretanto, nem sempre a compactação e adensamentos são executados de forma correta, visto que dependem de um fator humano (como em outras fases do processo), podendo assim, comprometer a qualidade desejada (MANUEL, 2005).

Sobre as propriedades físicas, em um estudo comparativo em laboratório, o CAA (27 MPa) atingiu maior resistência à compressão axial em relação ao CCV (25 MPa), próximo aos 28 dias, porém, aos 63 dias o CCV atingiu 32 MPa, enquanto o CCA 28 MPa. Quanto a resistência à compressão diametral, os dados dos dois concretos foram praticamente iguais, variando apenas 0,1 MPa a favor do CCV (MELLO, LOPES e VIEIRA, 2018).

## 2.4 CONCRETO AUTOADENSÁVEL NA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS

A construção civil é uma indústria atrasada em relação a outros ramos, visto que tem baixa produtividade, desperdício de materiais, morosidade e controle de qualidade limitado. Por isso, a utilização de elementos pré-fabricados seriam uma possível solução para reduzir esses problemas. A aplicação do concreto pré-fabricado colabora nas condições de trabalho na construção civil, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil, em que há muita informalidade da mão de obra (EL DEBS, 2017). Algumas vantagens do concreto autoadensável pré-fabricado em relação ao fabricado *in loco* (WALRAVEN, 2005):

- Se houver falha total de adensamento, na indústria de pré-fabricado há a possibilidade de descarte da peça, enquanto na aplicação *in loco* seria necessária a demolição da parcial ou total da estrutura;
- A indústria de pré-fabricados possui melhor controle de custos (PACIOS, 2005);
- A indústria de pré-fabricado tem melhor controle tecnológico por realizar de forma repetitiva.

O CAA contribui de maneira significativa para o mundo dos pré-fabricados em termos de que, em elementos de ligação, tende-se a ter um congestionamento de armadura e de dispositivos metálicos. A utilização do concreto autoadensável torna o problema menos grave (EL DEBS, 2017).

Em 1996, na construção de uma estação de metrô em Amsterdã, na Holanda, optaram por utilizar CAA pré-fabricado em um tabuleiro de concreto. Foram 60 painéis

de 23,30 metros cada, devido a esse alto número de peças iguais e a necessidade de resistência à compressão de 55 MPa, optou-se pelo CAA industrializado e os resultados foram o aumento da vida útil das formas e redução de custos (WALRAVEN, 2005).

## 2.5 GRANDES OBRAS PELO MUNDO

Em 1990 foi executado o primeiro edifício com CAA<sup>2</sup> e já no ano seguinte a ponte Shin-Kiba Ohashi recebeu o CAA em suas torres (Figura 2) (OKAMURA e OUCHI, 2003).

**Figura 2: ponte Shin-Kiba Ohashi**



**Fonte: Live in Japão<sup>2</sup>**

A ponte Akashi-Kaikyo foi a primeira utilização em larga escala do CAA. Dois blocos de ancoragem foram executados com a tecnologia. Na época, em 1998, a ponte tinha o título de maior vão livre do mundo, com 1990 m e entrou para o Guinness Book (Figura 3).

---

<sup>2</sup> Disponível em: [www.liveinjapan.com](http://www.liveinjapan.com). Acesso em: 19/10/2020.

**Figura 3: ponte Akashi-Kaikyo**

Fonte: Japan Guide<sup>3</sup>

Para vencer o desafio dessa grande obra, que contou até com amortecedores para auxiliar a estrutura em caso de abalos sísmicos, Okamura e Ouchi (2003) citam que a construtora dispôs de uma usina *in loco* para vencer a demanda. Foram utilizados quase 500 mil metros cúbicos de concreto para seus blocos de ancoragem. Com o CAA, reduziram em dois meses o cronograma em relação ao concreto convencional.

Há outros exemplos de utilização do CAA em tanques para gases liquefeito na cidade de Osaka, com isso, obtiveram redução de um terço no quadro de trabalhadores e quatro meses de redução do tempo previsto para a execução da obra, além da redução de etapas, de 14 para 10, já que se pôde aumentar a altura das paredes (OKAMURA, 1997; OUCHI, 1999; PETERSSON, 2000). Em Yokohama, um túnel de um quilômetro de comprimento combinou aço protendido com cerca de 40 metros cúbicos de CAA (TAKEUCHI et. al., 1994 apud GOMES, 2002).

A partir disso, o CAA começou a ganhar o mundo. Em 1998, na Suécia foi construída a primeira ponte fora do Japão que utilizou autoadensável em toda a estrutura (BILLBERG, 1999). Também na Suécia, foi construído um edifício de sete andares, sendo duas lajes com 3000 metros cúbicos de CAA (SÖDERLIND e

---

<sup>3</sup> Disponível em: [www.japan-guide.com](http://www.japan-guide.com), acesso em: 19/10/2020.

CLAESON, 2000). No mesmo ano, a França utilizou o CAA em concretagem de paredes com 30 metros de comprimento e 2,30 metros de altura no castelo de Chamarande (SÖDERLIND e CLAESON, 2000; BERNABEU e LABORDE, 2000). Söderlind e Claeson (2000) ainda citam a auto estrada A46 em Lyon, que, em 2000, utilizaram CAA para a construção de um novo tubo coletor de água com 1,1 metro de diâmetro.

Domone (2006) levantou as publicações referente ao uso do CAA desde 1993 até 2003 e apresentou que 67% das obras que utilizaram o autoadensável, foi por necessidades técnicas e não por redução de custos, por exemplo, a dificuldade de vibração em peças com altas taxas de armaduras. Enquanto 14% optaram pelo CAA por conta de custos e 10% pela inovação tecnológica. Nesse período de 10 anos, Domone (2006) relata que houve apenas três casos de utilização do CAA na América do Sul.

O maior prédio do mundo atualmente, com quase 830 metros de altura, o Burj Khalifa em Dubai (Figura 4), é mais uma obra de arte que contou com o concreto autoadensável para vencer os desafios que a construção impunha. Com o CAA, foi possível bombear o concreto por mais de 600 metros de altura, feito que se tornou um recorde mundial (GOMES, 2013).

**Figura 4: Construção do Burj Khalifa**



Fonte: WikiArquitettura<sup>4</sup>

## 2.6 O AUTOADENSÁVEL NO BRASIL

No Brasil, até a década passada, havia poucos registros bibliográficos sobre a utilização do autoadensável, então, Faria (2008) em matéria publicada pela Revista Techne, foi um dos pioneiros ao mapear a utilização da tecnologia. Em 2008, no edifício Residencial Pateo em São Paulo, uma grande central dosadora de concreto, executou uma das lajes do edifício, com concreto autoadensável (Figura 5).

---

<sup>4</sup> Disponível em: <https://pt.wikiarquitectura.com/constru%C3%A7%C3%A3o/burj-khalifa/>, acesso em: 03/05/2021.

**Figura 5: edifício Pateo São Paulo**



**Fonte: 123i<sup>5</sup>**

Segundo esse estudo realizado, para uma mesma metragem de laje (250 m<sup>2</sup>), mesma cubagem de concreto (50m<sup>3</sup>) e as mesmas condições de içamento, pôde-se chegar a uma redução de 50% no tempo de concretagem, quando comparado o CAA ao CCV. Foram obtidos tempos de 140 minutos para a concretagem utilizando o concreto autoadensável contra 280 minutos para a concretagem utilizando o concreto convencional. Quando analisada a mão de obra, houve uma redução significativa de custos. O custo de aplicação obtido para os concretos foi de R\$ 7,18/m<sup>3</sup> para o concreto convencional e R\$ 0,70/m<sup>3</sup> para o concreto autoadensável.

Faria (2008) ainda expôs outro *case*, foi a obra do edifício Parthenon Residence (Figura 6) em Novo Hamburgo/RS, onde os custos de concretagem foram comparados (CAA x CCV) para uma concretagem de 77 m<sup>3</sup> de concreto.

---

<sup>5</sup> Disponível em: [www.123i.uol.com](http://www.123i.uol.com), acesso em: 19/10/2020.

**Figura 6: Obra do edifício Parthenon Residence**



**Fonte: Revista Techne, 2008**

Nesse estudo de caso, pôde-se obter uma redução de 51,9% do tempo de mão de obra: 156 horas para o concreto convencional contra 75 horas para o concreto autoadensável. Já os custos globais da concretagem foram semelhantes: 1,09% maior para a concretagem utilizando o concreto autoadensável. Os dados coletados nesse estudo de caso estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Dados do estudo de caso do edifício Parthenon Residence (concreto convencional)

	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo unitário (R\$)		Custo total (R\$)	
				Material	Mão de obra	Material	Mão de obra
LAJE	Mão de obra para lançamento de concreto convencional	h	117,00		14,90		1.743,30
	Mão de obra para execução de mestras	h	8,80		14,90		131,12
	Concreto convencional dosado em central fck=30 Mpa	m <sup>3</sup>	62,00	221,64		13.741,68	
	Vibrador para concreto	un/dia	2,00	25,00		50,00	
	Régua vibratória	un/dia			35,00		35,00
	Energia elétrica Comercial	kW	29,25	0,28		8,19	
PILARES	Mão de obra para lançamento de concreto convencional	h	30,00		14,90		447,00
	Concreto convencional dosado em central fck=30 Mpa	m <sup>3</sup>	15,00	221,64		3.324,60	
	Vibrador para concreto	un/dia	2,00	25,00		50,00	
	Energia elétrica comercial	kW	15,00	0,28		4,20	
	<b>Total (R\$)</b>						<b>17.213,67</b>
	<b>Total MO+Material (R\$)</b>					<b>19.535,09</b>	

Tabela 2: Dados do estudo de caso do edifício Parthenon Residence (concreto autoadensável)

	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo unitário (R\$)		Custo total (R\$)	
				Material	Mão de obra	Material	Mão de obra
LAJE	Mão de obra para lançamento de concreto autoadensável	h	60,19		14,90		896,83
	Concreto autoadensável dosado em central fck=30 Mpa	m <sup>3</sup>	62,00	242,00		15.004,00	
PILARES	Mão de obra para lançamento de concreto autoadensável	h	14,56		14,90		216,94
	Concreto autoadensável dosado em central fck=30 Mpa	m <sup>3</sup>	15,00	242,00		3.630,00	
	<b>Total (R\$)</b>					<b>18.634,00</b>	<b>1.113,77</b>
	<b>Total MO + Material (R\$)</b>					<b>19.747,77</b>	

Fonte: Revista Techne, 2008

Em 2004, em Goiás, Bottolacci e Resende Sá (2009) relatam a utilização do CAA para a construção de um edifício residencial. Nessa época, os custos de aditivos superplastificantes ainda eram elevados, o que seguia impedindo a difusão em larga escala da tecnologia.

A pré-fabricação ainda é quem detém a maior utilização de CAA no Brasil, é uma solução encontrada para a construção de peças com taxas de armadura elevadas. Contudo, ainda se tem outros exemplos de utilização do autoadensável no país: Museu Iberê Camargo (TUTIKIAN, 2004), engastes de laje com paredes de poços Norte e Sul da Linha 4 - Amarela do Metrô de São Paulo com alta densidade de armadura (FARIA, 2008).

Em Curitiba, no ano de 2017, foi realizado um estudo de caso feito pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil no Paraná (SINDUSCON-PR) em parceria com grandes construtoras e uma central dosadora de concreto da região, onde a 15ª laje de um edifício na capital paranaense foi feita com CAA (Figura 7). Os resultados desse estudo serão abordados posteriormente no presente trabalho.

**Figura 7: Concretagem da laje em CAA de um edifício em Curitiba**



**Fonte: os autores, 2020**

Em 2018, durante a construção do Parque Shopping Canoas no Rio Grande do Sul, um grande desafio foi apresentado aos engenheiros: construção da pista de patinação (Figura 8). Para isso, se desenvolveu um estudo de dosagem em busca da melhor solução construtiva. A escolha foi um inovador concreto autoadensável com microfibras para satisfazer o complexo projeto, visto que, por conta da serpentina embutida na laje que faz o processo de gelo e degelo, o vibrador poderia ser um inimigo, além das possíveis fissuras que poderiam ocorrer devido à variação térmica (BRITEZ, 2019).

**Figura 8: Pista de patinação Park Shopping Canoas**



**Fonte: Confederação Brasileira de Desportos no Gelo, 2019**

No ano de 2020, um estudo realizou paredes de concreto de um edifício com sete andares em uma obra no Ceará, padrão MCMV, com intuito de reduzir falhas de concretagem, industrializar o processo e também reduzir o efetivo presente em dias de concretagem, visto o momento da pandemia ocasionada pelo vírus SARS-Cov-2. Entretanto, a crise sanitária também afetou o fornecimento e custos dos insumos, já que o concreto era dosado *in loco*, assim, tiveram que substituir o cimento durante o estudo, resultando em indicadores não tão fieis. Contudo, ainda assim, os resultados foram satisfatórios, visto que houve redução das despesas indiretas, pela flexibilização do cronograma e redução de 11 pessoas para 8 envolvidas no processo de concretagem (MAGALHÃES, 2021).

A partir da revisão bibliográfica, pode se verificar que há vários benefícios do concreto autoadensável para serem levados em consideração. No Brasil a técnica já é consagrada e disponível, porém pouco utilizada em relação ao concreto convencional.

### 3 METODOLOGIA

A fim de entender a utilização do concreto autoadensável, foi realizado um levantamento de dados em construtoras e indústria de pré-fabricados nos estados da Bahia, Goiás, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo, para assim, buscar uma resposta ao problema dessa pesquisa. O *printscreen* do formulário aplicado para as construtoras está na sequência (Figuras 9 e 10), a pesquisa apresentada para as indústrias de pré-fabricados era exatamente igual.

O contato foi feito através de ligações, e-mails e troca de mensagens. Inicialmente, pretendia-se visitar as indústrias de pré-fabricados para entender o processo, entretanto, devido a situação sanitária em que o Brasil se encontra em 2020 e 2021, não foi possível. A partir disso, entender se a análise custo é o determinante para a escolha ou não do autoadensável.

Foram obtidas informações de 26 construtoras e 30 indústrias de pré-fabricados de concreto no Brasil que aceitaram colaborar com esse trabalho. Para realização de dados, as questões foram aplicadas via formulário do Google. Elencou-se algumas opções para serem apontadas e também tinha um campo aberto para que o entrevistado pudesse fazer alguma consideração que julgasse relevante. Ao realizar o contato, questionava-se o porte da construtora ou indústria de pré-fabricado.

Com o intuito de complementar a pesquisa, foi realizado um estudo de caso referente à uma concretagem de um edifício comercial em Curitiba, o acompanhamento foi feito in loco pelos autores e, assim, obteve-se os dados apresentados. Na situação, na décima quinta laje do edifício foi utilizado o concreto autoadensável e não foi feita nenhuma alteração em relação a material e mão de obra.

Figura 9: Questionário enviado às construtoras

## Concreto autoadensável no Brasil

Formulário de pesquisa para desenvolvimento de Trabalho de Conclusão de Curso na UTFPR. Alunos: Gustavo Toneti e Muzhar Osman. Não serão divulgados dados de nomes de empresa e pessoais. Apenas para fins acadêmicos.

**\*Obrigatório**

Estado sede da construtora (para fins de controle dos indicadores). \*

Paraná

Rio de Janeiro

São Paulo

Goiás

Rio Grande do Sul

A construtora fez/faz uso do CAA em alguma etapa da estrutura? \*

Sim

Não

Caso seja um "procedimento padrão" da construtora, quais são os principais fatores que pesaram para utilização dessa tecnologia?

Preço final do processo todo

Inovação tecnológica

Melhor qualidade final (acabamento) da peça concretada

Redução da mão de obra durante a concretagem

Redução de ruído durante a concretagem

Diminuição de retrabalho devido à falhas de concretagem

Outro: \_\_\_\_\_

**Figura 10: Questionário enviado às construtoras**

Caso a construtora não faça uso do CAA ou fez em algum momento mas não voltou a utilizar, quais são os fatores para não utilização?

- Custo
- Falta de mão de obra qualificada
- Falta de formas (caixaria) adequadas
- Exigência de um controle tecnológico mais especializado
- Falta de estudos/informações que comprovem as vantagens da tecnologia
- Outros...

Considerações que julgue importante para a pesquisa sobre o uso do CAA:

Texto de resposta longa  
.....

As respostas e as análises dos dados obtidos através das empresas que aceitaram participar dessa pesquisa, bem como as considerações individuais descritas na última questão, serão apresentadas no Capítulo 4.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES COLETADAS

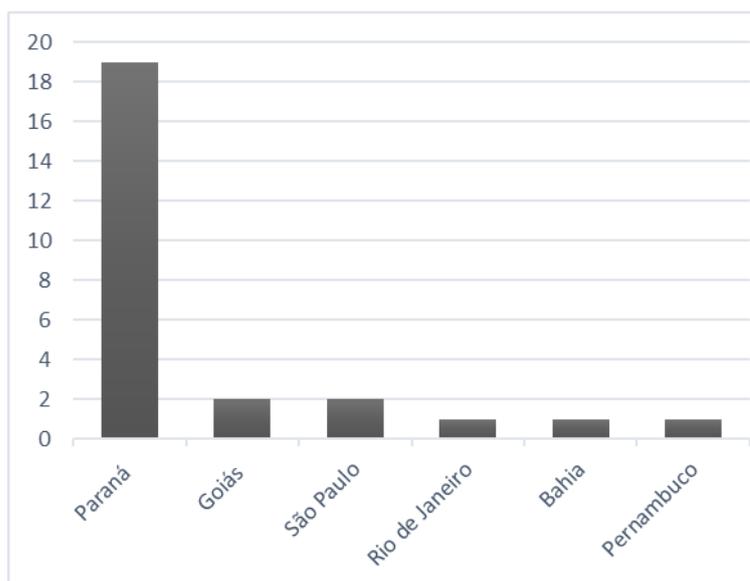
### 4.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

O momento passado pelo mundo no ano de 2020 e 2021 em relação à pandemia impediu que algumas premissas do início da pesquisa fossem atingidas, por exemplo, a visita às indústrias de pré-fabricados para entender o processo e a importância do CAA na produção. Além disso, com a opção das empresas pelo teletrabalho, o acesso à engenheiros ou responsáveis que entendessem do tema se tornou difícil. Nessa direção, optou-se por meios de comunicação alternativos, como redes sociais, a fim de chegar até diretores e engenheiros, o que supriu, em partes, as necessidades da pesquisa.

### 4.2 FORMULÁRIO APLICADO ÀS CONSTRUTORAS

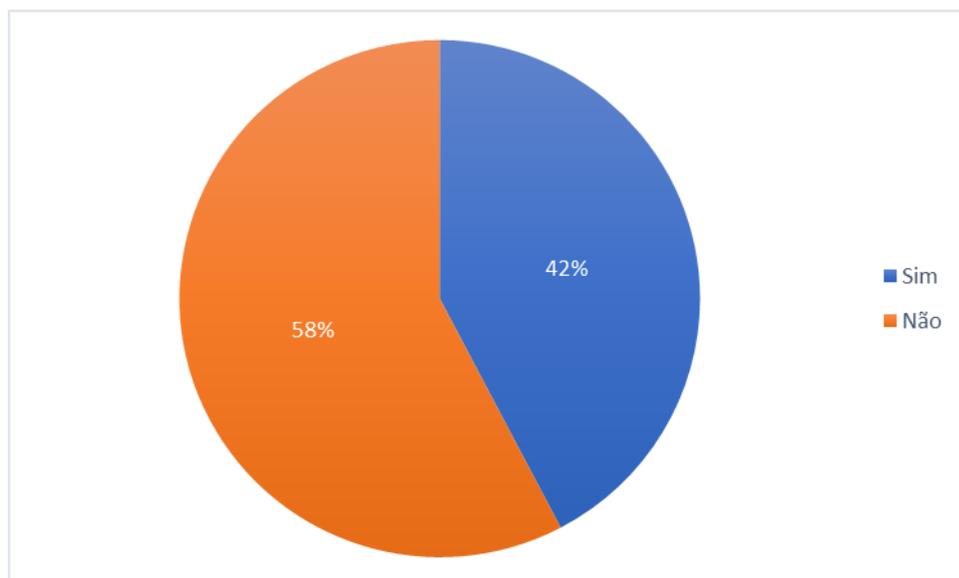
Dentre as vinte e seis construtoras entrevistadas, dezenove são do Paraná, duas de São Paulo, duas de Goiás, uma do Rio de Janeiro, uma da Bahia e uma de Pernambuco. Cinco dessas, eram de médio porte e as outras 19 se consideravam de pequeno porte. A distribuição dos estados das empresas está apresentada na Figura 11.

**Figura 11: Estado sede das construtoras entrevistadas**



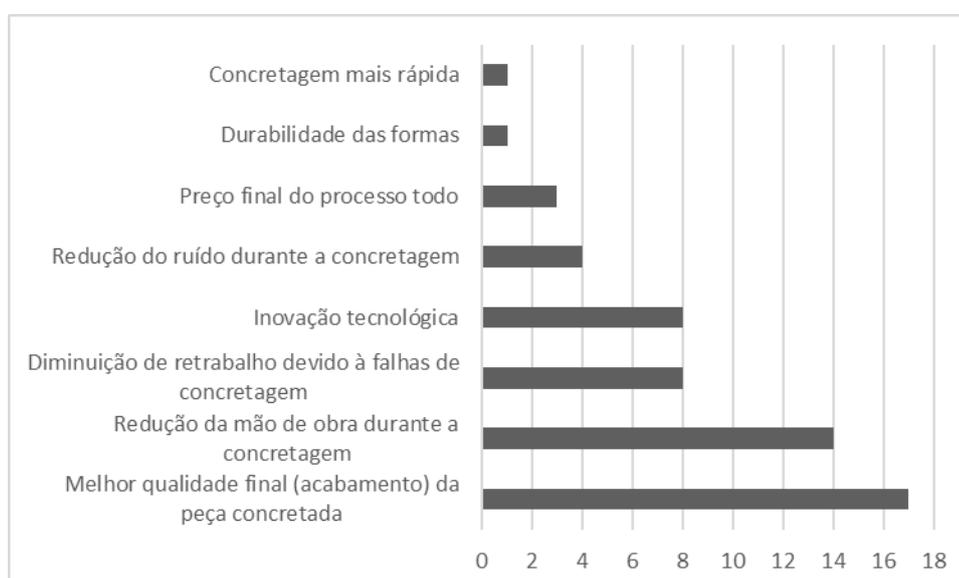
A segunda pergunta realizada às construtoras, era sobre a utilização do concreto autoadensável em alguma etapa da estrutura. Onze utilizavam e quinze não tinham familiaridade com a tecnologia (Figura 12).

**Figura 12: Utilização do CAA por parte das construtoras**



O terceiro item questionado, era destinado àqueles que responderam que utilizavam o CAA em alguma etapa da estrutura (Figura 13). A intenção foi entender os fatores determinantes para essa opção.

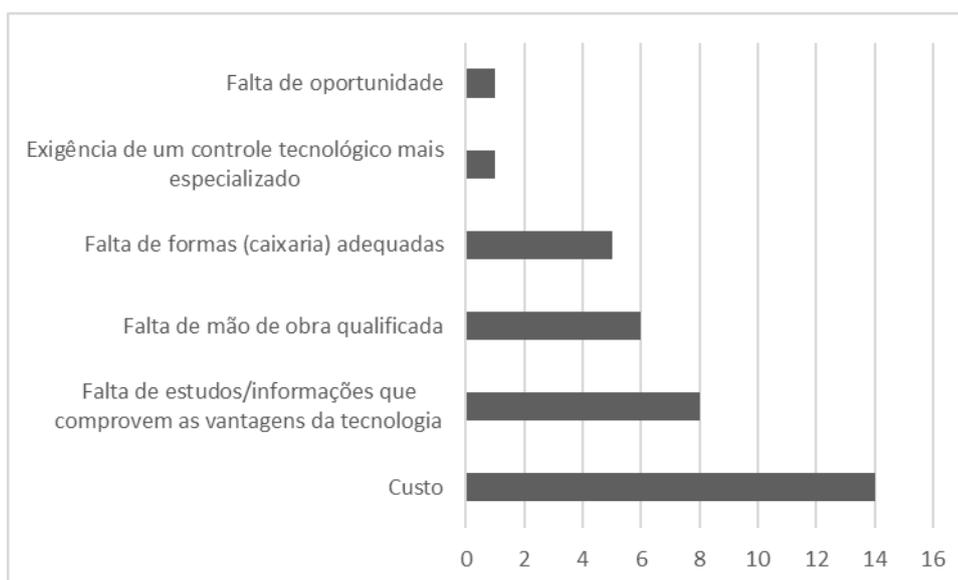
**Figura 13 – Fatores determinantes para a utilização do CAA**



Mais da metade apontou como fator preponderante a redução de mão de obra durante a concretagem, o que demonstra a preocupação prioritária do fator custo, fato que chama atenção, já que esse argumento é o que os entrevistados que não utilizam o CAA também elencaram como mais determinante. Oito entrevistados apontaram a melhor qualidade da peça concretada em relação ao CCV. Ainda foi apontado por dois engenheiros, a necessidade de utilizar o CAA devido a estarem trabalhando com peças com alta taxa de amadura, o que impossibilitava a vibração.

A quarta pergunta era para entender o motivo da não utilização do CAA e, conforme esperado, a análise custo por metro cúbico é o fator primordial para mais de sessenta por cento dos entrevistados. A falta de mão de obra qualificada também se tornou um item que era determinante para a decisão de não utilizar o autoadensável. Por fim, chamou a atenção o volume de respostas para a opção que relacionava a não utilização do CAA com a falta de estudos ou informações que comprovassem as vantagens desse método, mais de 34% marcou essa alternativa, o que mostra engenheiros e construtoras abertas a tecnologia, porém com receio e falta de informação precisa (Figura 14). Porém, pode-se somar à falta de informação sobre o CAA por parte de pesquisados, a baixa divulgação do produto por parte das centrais dosadoras de concreto, visto que, sendo um produto mais caro, deveriam investir no oferecimento.

**Figura 14 – Fatores determinantes para a não utilização do CAA**

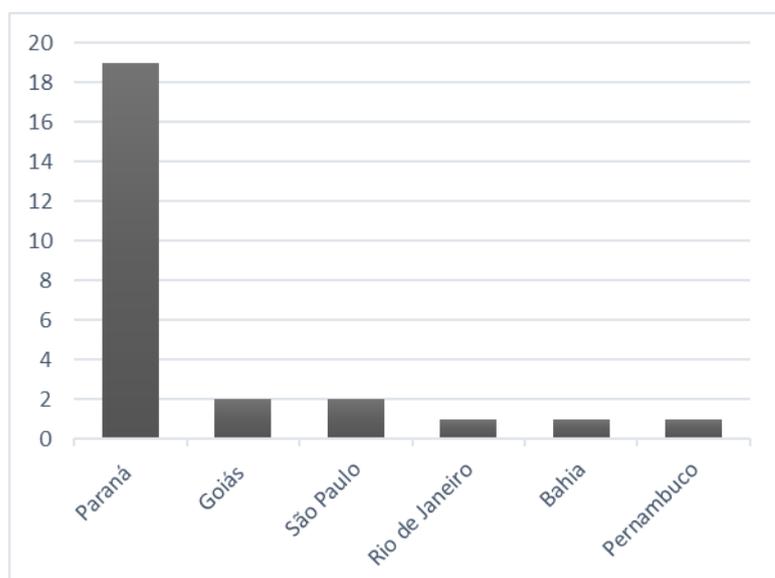


A última questão da pesquisa, era uma caixa aberta para considerações que fossem julgadas importantes sobre o tema. Onze entrevistados utilizaram desse espaço para apontamentos e novamente fizeram considerações para o custo do CAA comparado ao CCV, além do relato de uma utilização onde a central dosadora de concreto que não tinha familiaridade com a tecnologia, ofereceu o serviço e tiveram problemas quanto ao lançamento e também com as formas.

#### 4.3 FORMULÁRIO APLICADO ÀS INDÚSTRIAS DE PRÉ-FABRICADOS

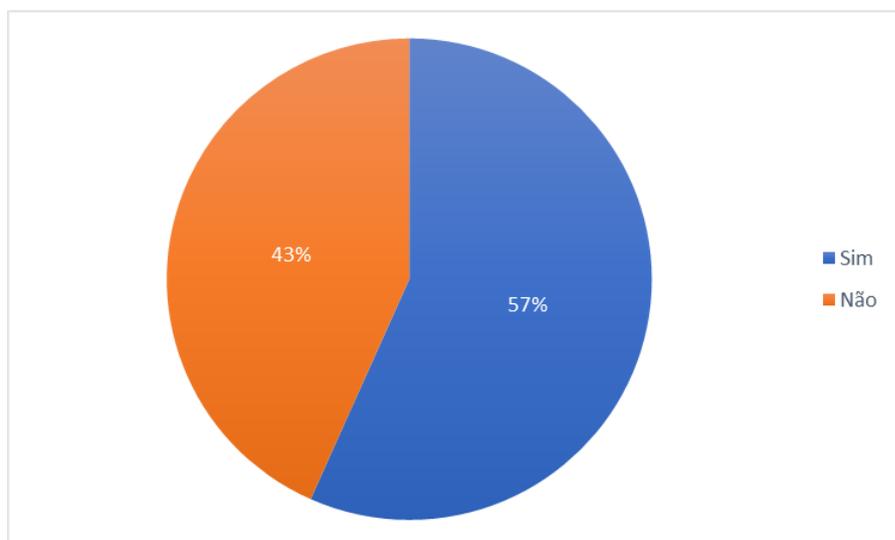
Dentre as 30 indústrias de pré-fabricados entrevistadas, 18 eram do Paraná, 3 de São Paulo, 3 do Rio de Janeiro, 2 do Rio Grande do Sul, 2 de Santa Catarina, 1 da Bahia e 1 de Pernambuco. Oito dessas, eram de grande porte, 6 se consideravam de médio porte e outras 16 se consideravam de pequeno porte. Os estados sede das fábricas entrevistadas são apresentados na Figura 15.

**Figura 15 – Estado sede das indústrias de pré-fabricados**



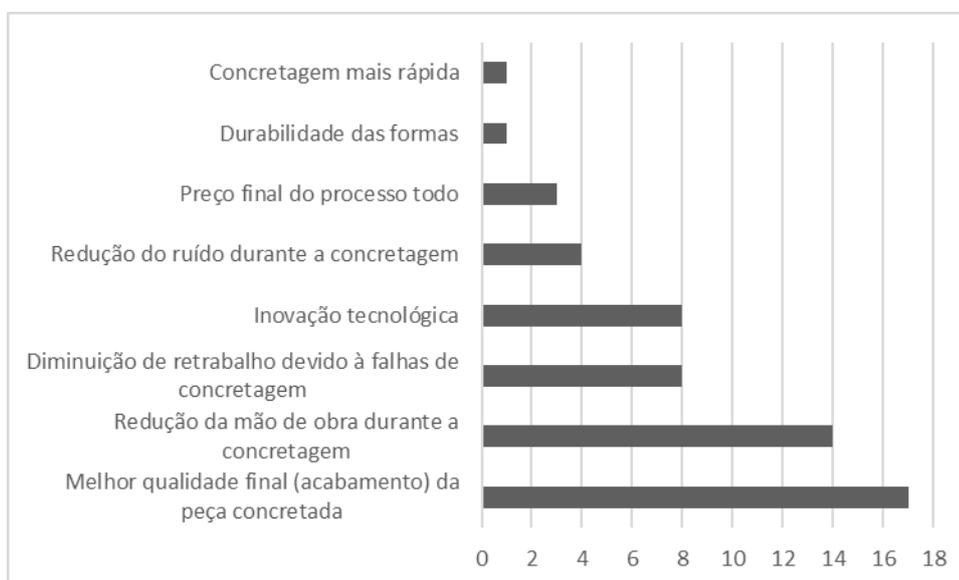
A segunda pergunta realizada às fábricas de pré fabricados, era sobre a utilização do concreto autoadensável em alguma etapa da fabricação. Dezesete utilizavam ou já utilizaram e outras treze nunca haviam utilizado a tecnologia (Figura 16).

**Figura 16 – Utilização do CAA por parte das indústrias de pré-fabricados**



O terceiro item questionado, era destinado àquelas que responderam que utilizavam o CAA em alguma etapa da estrutura (Figura 17).

**Figura 17 – Fatores determinantes para utilização do CAA**

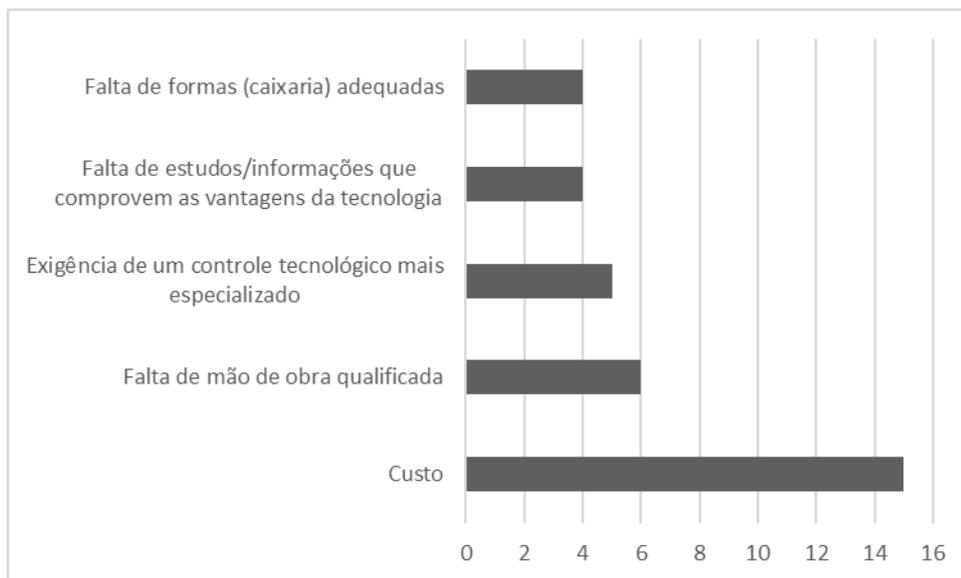


Dentre as opções apresentadas, as alternativas apontadas pela maioria foram “melhor qualidade final (acabamento) da peça concretada” e “redução da mão de obra durante a concretagem”. Aproximadamente metade das empresas apontaram por

inovação tecnológica e diminuição de retrabalhos; aproximadamente  $\frac{1}{4}$  para o custo global e a redução de ruídos; os seguintes fatores foram apontados apenas uma vez.

Caso a indústria de pré-fabricados não utilizasse o CAA em sua linha de produção, foram perguntados os fatores para a não utilização (Figura 18).

**Figura 18 – Fatores determinantes para a não utilização do CAA**



Por fim, havia na pesquisa um campo aberto em que os representantes das indústrias de pré-fabricados poderiam apontar considerações que julgassem importantes para a presente pesquisa. Foram obtidas as seguintes considerações:

**Quadro 1 – Considerações que os entrevistados julgavam importantes à pesquisa**

<b>Considerações finais</b>
<b>Onde se utiliza o CAA</b>
Necessário do uso diário de laboratório para execução deste concreto. Pois é altamente sensível a intempéries.
Creio que o CAA seja o concreto do futuro, pois reduz muito a mão de obra e a qualidade do produto fica perfeito, creio que ainda temos que melhorar em muito, pois temos aparos a ser feito, mas ainda mantenho a minha opinião por ser um concreto do futuro.
O autoadensável agiliza o processo, com ele nós montamos a peça mais rápido.
<b>Onde não se utiliza o CAA</b>
No Brasil a demanda de obra oscila muito, ora muitas obras, ora escasso de obras, e nosso maior cuidado com quantidade e qualidade de pessoas e obra, e nossa meta é não permitir inchaço pessoal na empresa. Sendo assim o alto investimento seria de muito longo prazo para se pagar o que inviabiliza o tal, no momento...

Percebe-se que, no mundo do pré fabricado, o CAA é muito mais difundido e utilizado em relação às construtoras. Até quem não utiliza aparenta conhecer sobre o tema mais do que os entrevistados da construção civil, porém esbarram em custos. Esse ponto pode ser observado com a consideração apresentada no Quadro 1, onde a sazonalidade da demanda impede que a indústria utilize da tecnologia.

## 5 ESTUDO DE CASO

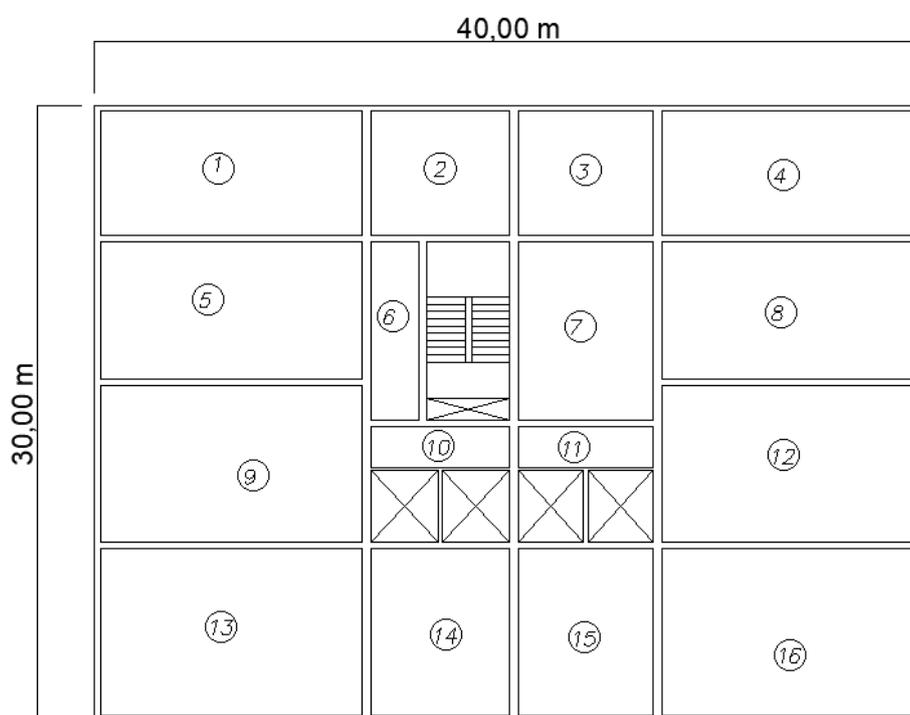
Em 2017, uma construtora de Curitiba, pertencente ao SIDUNSCON, aceitou participar de um estudo de caso, onde seria concretada uma laje com concreto autoadensável sem investir em formas metálicas ou novos jogos de formas de madeira. Os resultados serão apresentados na sequência.

### 5.1 CARACTERÍSTICAS DA OBRA

Edifício comercial em Curitiba com 15.479 m<sup>2</sup> de área construída, sendo três subsolos e 16 pavimentos. Obra com certificação LEED Platinum e prazo de 26 meses, finalizada em 2018. Área de forma da laje em estudo possuía 1234,81 m<sup>2</sup> e 141 m<sup>3</sup> de volume de concreto.

### 5.2 O ESTUDO DE CASO

Em parceria com construtoras de médio e grande porte de Curitiba, sindicato da construção civil, central dosadora de concreto e laboratórios de ensaios qualitativos, decidiu-se por executar a décima quinta laje do pavimento tipo em concreto autoadensável, a fim de comparar com o concreto convencional. Importante registrar que foram utilizados os mesmos jogos de forma das lajes anteriores, apenas se teve um zelo maior em relação à emenda de chapas, onde foi aplicado espuma de poliuretano para minimizar o vazamento de concreto e também se utilizou isopor na vedação inferior dos gastalhos. Por recomendação, apenas a escadaria se utilizou de concreto convencional, visto que o alto teor de argamassa prejudicava a aplicação. Na Figura 19 a seguir pode ser observado o croqui da laje concretada.

**Figura 19 – Croqui da laje tipo concretada em CAA**

**Fonte: os autores**

Após a realização da laje em CAA, obteve-se os resultados estão apresentados nas Tabela 3 e 4.

Tabela 3: Comparativo entre CAA x CCV do estudo de caso

	Projeto	CCV	Custo CCV	CAA	Custo CAA
Área de Forma Pavimento:	1234,81 m <sup>2</sup>	1234,81 m <sup>2</sup>	R\$ 41.983,54	1234,81 m <sup>2</sup>	R\$ 40.748,73
Volume de concreto Pilares (Grua)	24,00 m <sup>3</sup>	24,00 m <sup>3</sup>	R\$ 5.184,00	24,00 m <sup>3</sup>	R\$ 6.624,00
Volume de concreto Vigas e lajes bombeadas:	140,80 m <sup>3</sup>	148,00 m <sup>3</sup>	R\$ 31.968,00	149,00 m <sup>3</sup>	R\$ 41.124,00
Perda:	-	4,37%	-	4,97%	-
Duração da concretagem:	-	8 horas	-	8 horas (1 hora na escada)	-
Espuma de poliuretano	-	-	-	-	R\$ 375,00
Aço:	11933 Kg	11933 Kg	R\$ 40.761,46	11933 Kg	R\$ 40.761,46
Peso escoramento:	48817,92 Kg	48817,92 Kg	R\$ 3.732,62	50022,62 Kg	3.894,12
Acabamento de laje	723,68 m <sup>2</sup>	723,68 m <sup>2</sup>	R\$ 4.689,45	723,68 m <sup>2</sup>	R\$ 3.618,40
		<b>Total</b>	<b>R\$ 128.319,06</b>	<b>Total</b>	<b>R\$ 137.145,71</b>
				<b>Varição</b>	<b>0,07 (7%)</b>

Tabela 4: Comparativo de efetivo durante a concretagem de CAA

EFETIVO		
PROFISSIONAL	CCV	CAA
Carpinteiro	13	13
Armador	5	5
Ajudante	5	5
Contra mestre	1	1
Acabamento Piso	11	5
Controle tecnológico	1	2
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>31</b>

### 5.3 CONSIDERAÇÕES

A qualidade das formas e o desconhecimento prático da equipe com o CAA foi prejudicial, principalmente em relação a perda do concreto autoadensável, que foi superior ao concreto convencional. Mesmo realizando fechamento entre chapas com espuma, houve vazamento, porém abaixo do esperado. Esse era um dos principais temores da equipe de engenharia, tanto que não se reduziu a quantidade de carpinteiros, pois havia a dúvida sobre a possibilidade das formas se “abrirem”, o que não ocorreu. Acredita-se que, com a repetição, a diminuição desse efetivo poderia ocorrer. Outra preocupação era quanto a facilidade para executar as contra flechas que o projeto estrutural solicitava, contudo, a execução foi assertiva. Apesar dessas dificuldades, o aceite da equipe de obra para futuras lajes em autoadensável foi positivo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a pesquisa, ficou confirmada a hipótese inicial de que o custo unitário elevado do concreto autoadensável em relação ao concreto convencional, é o motivo principal da não utilização da tecnologia. Das 43 respostas para a pergunta “caso a indústria de pré-fabricados ou construtora não faça uso do CAA ou fez em algum momento, mas não voltou a utilizar, quais são os fatores para não utilização?”, a alternativa “custo” foi marcada 31 vezes (72,1%).

Outra informação interessante que pôde ser concluída com a pesquisa, é que há uma diferença em números em relação a utilização ou não do concreto autoadensável para construtoras e indústrias de pré fabricados: do universo das indústrias de pré-fabricados, a maioria utiliza ou já utilizou o CAA 56,7%, enquanto para construtoras esse índice é de menos da metade 42,3%.

Dos motivos para utilização do concreto autoadensável, as opções “melhor qualidade final (acabamento) da peça concretada” e “redução da mão de obra durante a concretagem” foram as mais citadas. Aproximadamente 75% das respostas coletadas indicaram essas alternativas.

Dentre as empresas entrevistadas, as que utilizavam o CAA se mostravam satisfeitas com a tecnologia. Esses entrevistados defendiam fortemente a qualidade do CAA e diziam que com certeza a tecnologia apresentava vantagens em relação ao concreto convencional.

O estudo de caso abordado confirmou que é possível se fazer obras com concreto autoadensável sem grandes investimentos em formas, equipes diferenciadas ou controle tecnológico avançado. Apesar de, no caso em questão, não ter redução relevante de efetivo envolvido, muito pelo fato do receio em vazamento do concreto entre as chapas da forma, a repetição levaria a equipe a se qualificar. Seguindo essa ideia, a partir do momento que conseguir tornar o processo apenas uma repetição, o custo passaria a variar para baixo, podendo reduzir a razão entre o CCV e o CAA. Além disso, o mercado da construção civil trabalha com orçamentos enxutos e custo de obra limitado, soma-se ao fato da maioria das construtoras, empreiteiras e indústrias de pré-fabricados não estarem abertas à novas tecnologias, com muita dúvida da aceitação dos clientes. Também é preciso entender a partir de qual porte de obra ou volume de fabricação, no caso da indústria de pré-fabricados, o CAA torna-se vantajoso, tema que fica de sugestão para trabalhos futuros. O primeiro

passo precisa ser dado por alguma construtora de grande porte e, a partir disso, o concreto autoadensável deixará de ser o concreto do futuro, para se tornar o concreto do presente.

## REFERÊNCIAS

BARTOS, P.J.M.; SÖDERLIND, L. **Environment and ergonomics**. In: Brite EuRam Program: Rational Production and improved working environment through using self-compacting concrete. Task 8.5, p.1-31, 2000;

BERNABEU; LABORDE. **Production system for civil engineering**. In: Brite EuRam Program: Rational production and improved working environment through using self-compacting concrete. Task 8.3, p. 1-40, 2000.

BILLBERG, P. **Self-compacting concrete for civil engineering structures.: The Swedish experience**. 1999. Disponível em: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A960417&dswid=-3944>. Acesso em: 20/10/2020.

BOTTOLACCI, A. L.; RESENDE SÁ, R. **Concreto auto adensável: uma nova tecnologia à disposição da construção civil de Goiânia**, 2009.

BRAGA, C. A. da C; **Exposição ocupacional a vibrações no sistema mão-braço no sector da construção**. 2007. 112p. Tese (Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais) – Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto. Porto, 2007.

BRITEZ, C. **Concreto e concretagem da laje da pista de patinação: Caso ParkShopping Canoas/RS**. In: 61º Congresso Brasileiro do Concreto, 2019. Anais... Fortaleza, 2019.

COLLEPARDI, M..; **Innovative concretes for civil engineering structures: SCC, HPC and RPC**. 2003. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.555.2715&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 20/10/2020.

COSTA, A. C. S. de S.; CABRAL, A. E. B. **Estudo comparativo entre concreto autoadensável e o concreto convencional vibrado em obra vertical**. 2019. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212019000400289](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212019000400289). Acesso em: 20/10/2020.

COUTINHO, B. S. **Propriedades e comportamento estrutural do concreto autoadensável**. 2011. 240p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

DOMONE, P. L. **Self-compacting concrete: Na analysis of 11 years of case studies**. 2006. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/223632593\\_Self-Compacting\\_Concrete\\_An\\_Analysis\\_of\\_11\\_Years\\_of\\_Case\\_Studies](https://www.researchgate.net/publication/223632593_Self-Compacting_Concrete_An_Analysis_of_11_Years_of_Case_Studies). Acesso em: 20/10/2020.

EL DEBS, M. K.; **Concreto pré-moldado fundamentos e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

FARIA, R. 2008. **Solução fluida**. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/132/artigo76078-1.asp>. Acesso em 20/10/2020.

GOMES, D. M. **Concreto autoadensável obtido com materiais disponíveis na região de São Luis-MA**. 2013. 194p. Dissertação (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Maranhão. Maranhão, 2013.

GOMES, P. C. C. **Métodos de dosagem de concreto autoadensável**. 1 ed. São Paulo: Pini, 2009.

GOMES, P. C. C. **Optimization and Characterization of High-Strength Self-Compacting Concrete**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Civil) - Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, 2002.

GOODIER, C. I. **Development of self-compacting concrete**. In: Institutions of Civil Engineers. Structures and Buildings, 2003.

GRUNEWALD, S. **Performance-based design of self-compacting fiber reinforced concrete**. 2004. 232 p. Thesis (Doctoral) – Delft University of Technology, Netherlands, 2004.

LISBÔA, E. M. **Obtenção do concreto autoadensável utilizando resíduo do beneficiamento do mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas**. 2004. 65p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2004.

MAGALHÃES, A. C. R. **Análise da utilização do concreto auto adensável em paredes de concreto: um estudo de caso em uma obra residencial.** 2021, 64p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Unichristus. Fortaleza, 2021.

MANUEL, P. J. M. **Estudo da influência do teor de argamassa no desempenho de concretos auto-adensáveis.** 2005, 178p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto – Microestrutura, Propriedades e Materiais.** 1 ed. São Paulo: Pini, 2014.

MELO, C. Z. M.; LOPES, A. M.; VIEIRA, R. U. C. **Comparação entre o concreto autoadensável e o concreto convencional.** Revista Científica Univiçosa, Viçosa/MG, v.10, n.1, jan-dez, 2018.

MEIRELES, D. *et al.* **Avaliação das propriedades do concreto auto-adensável contendo aditivos modificadores de viscosidade no estado fresco.** Curitiba: Congresso Brasileiro do Concreto, 2009.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** 2 ed. São Paulo: Pini, 1997.

NUNES, S. C. B. **Betão auto-compactável: Tecnologia e propriedades.** 2001, 198p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pós Graduação em Estruturas de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia. Porto, 2001.

OKAMURA, H. **Self-compacting high-performance concrete.** In: Concrete International, v.19, p.50-54, 1997.

OKAMURA, H.; OUCHI, M. **Self-compacting concrete.** In: Journal of Advanced Concrete Technology, v.1, n.1, p. 5-15, 2003.

OUCHI, M. **Self-compacting concrete development, applications and investigations,** 1999. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.134.9957&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 20/10/2020.

PACIOS, A. **Optimization of in situ constructions system to benefit from SCC technology.** In: Fourth International RILEM Symposium on Self-compacting Concrete. Chicago, 2005.

PEDROSO, F. L. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem.** Revista Concreto e Construções, São Paulo, v.37, n.53, p. 14-19, 2009.

PETERSSON, Ö. **Design of Self-Compacting Concrete, Properties of the Fresh Concrete.** In: Proceedings Seminar on Self-Compacting Concrete, 15-20. Malmö, 2000.

SABINO, R. **Concreto autoadensável: solução ou modismo.** 2011, 59p. Dissertação (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SÖDERLIND, L; CLAESON, C. **Production system for housing.** In: Brite EuRam Program: Rational production and improved working environment through using self-compacting concrete. Task 8.2, p. 1-51, 2000.

TAKEUCHI, H.; HIGUCHI, M.; NANNI, A. **Application of Flowable Concrete in a Tunnel Lining.** 1994. Concrete International, v.16, n. 4, p.26-29. Disponível em: <https://trid.trb.org/view/389798>. Acesso em: 20/10/2020.

TUTIKIAN, B. F. **Concreto autoadensável aumenta produtividade em canteiro.** 2016. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/concreto-autoadensavel-aumenta-produtividade/14078>. Acesso em: 23/05/2021.

TUTIKIAN, B. F., **Método para dosagem de concretos auto-adensáveis.** 2004, 149p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, Denise C. **Concreto auto-adensável.** 1 ed. São Paulo: Pini, 2008.

WALRAVEN, J. **Structural aspects of SCC.** In: Fourth International RILEM Symposium on Self-compacting Concrete. Chicago, 2005.